Incubadora neonatal y cuna de calor radiante.

La regulación térmica es uno de los factores críticos en la supervivencia y estabilidad de los recién nacidos. Algunos de los factores que contribuyen a la dificultad para mantener la estabilidad térmica son: superficie corporal relativamente grande en comparación con el peso, capacidad metabólica limitada para la producción de calor y aislamiento térmico inadecuado. Mientras que un recién nacido puede regular su temperatura corporal de manera natural, los bebés prematuros pierden calor debido a que su piel es más delgada. En el nacimiento, las temperaturas del neonato tienden a disminuir de manera significativa debido a la pérdida de calor que se da por conducción, convección, radiación y evaporización. La incubadora neonatal es un equipo médico cerrado, que consta de un capacete transparente, lo que permite aislar al paciente sin perder contacto visual con él, con el fin de proporcionarle un medio ambiente con temperatura y condiciones preestablecidas, esto para favorecer el desarrollo del neonato (prematuro, término o enfermo).

Idealmente, se deben mantener las temperaturas central y corporal con la mínima variación. Las incubadoras neonatales cuentan con portillos de acceso al paciente, lo cual permite que se le atienda mientras se limita la introducción de aire frío hacia el interior de esta, si el médico lo requiere puede remover el capacete teniendo un mayor acceso al paciente. Sus principales componentes son: compartimiento para el paciente, capacete, colchón, plataforma, base rodante y módulo de control, en el cual se encuentran todos los parámetros que se van a controlar como temperatura, humedad y oxígeno.

Principios de operación

La mayoría de las incubadoras brindan calor a los bebés por medio del flujo de aire caliente. Este calor se transfiere principalmente por convección. Los sistemas de calefacción y humidificación están localizados debajo del compartimento de la incubadora. La circulación del aire se logra gracias a un ventilador o a una turbina que lo toma del exterior y lo pasa a través de un elemento calefactor y de un dispositivo de medición de temperatura. Posteriormente, pasa sobre un depósito de agua utilizado para humedecer el aire (si es que se requiere) antes de impulsarlo hacia el interior de la cámara donde se encuentra el paciente.

Las incubadoras cuentan con un elemento calefactor o unidad de calor que se activa por una señal eléctrica, la cual es proporcional a la diferencia entre la temperatura medida y el valor de referencia preestablecido por el operador. La variable de control puede ser la temperatura del aire de la incubadora o bien la temperatura de la piel de la región abdominal anterior del neonato.

El control de temperatura puede llevarse a cabo en dos modos:

Modo control de temperatura del aire: El operador establece un valor de temperatura de control (de referencia) del aire en el interior de la incubadora. El sistema de calentamiento funcionará para que la temperatura del interior alcance el valor de referencia. Por lo general, el operador dispone de la monitorización y visualización de las temperaturas de referencia, del interior de la incubadora y del paciente (para lo cual, se emplea un termómetro). En el caso de que el sistema de control de la incubadora detecte diferencias entre la temperatura de control y la del aire de la cámara y que estas diferencias superen el rango preestablecido (por el mismo operador), se dispararán las alarmas audibles y visibles; en algunos casos extremos se inhabilita el sistema de calentamiento como mecanismo de seguridad.

Modo control de temperatura de la piel del paciente o servocontrol: El operador establece un valor de referencia de la temperatura deseada en el neonato; de este modo el sistema de calentamiento estará en operación hasta que el paciente alcance la temperatura deseada programada por el operador (temperatura de equilibrio). Para conseguir esto, la incubadora necesita medir continuamente la temperatura real del paciente, lo cual se logra mediante la colocación de un sensor de temperatura corporal; esta monitorización continua es la fuente de información que retroalimenta al sistema para que dirija el funcionamiento del calefactor. Al igual que en el modo manual, existen alarmas que se activan por diferencias de temperatura, en este caso, entre la temperatura de referencia y la temperatura del paciente.

El intercambio de calor entre el neonato y su entorno se ve influenciado por muchos factores como:

- *El tamaño del neonato.*
- *La tasa metabólica.*
- *Las propiedades térmicas del colchón*
- *Las paredes de la incubadora.*
- *La temperatura.*
- *Humedad.*

La velocidad del aire, la temperatura y condiciones del aire que entra a las vías respiratorias del neonato, especialmente si tiene conectado un sistema de ventilación pulmonar artificial, entre otros factores. En consecuencia, es muy importante tratar de controlar cada uno de los factores para poder obtener y mantener un ambiente térmico neutral para el neonato. La temperatura del área donde se encuentran las incubadoras es siempre más baja que la temperatura en el interior de la incubadora, por lo que existe una pérdida de calor a través de las paredes de esta. Para evitar este problema, la mayoría de las incubadoras cuentan con una doble pared en la cual existe un espacio de aire que separa a ambas paredes con el propósito de prevenir la pérdida excesiva de calor. La humedad del aire es un factor relevante, sobre todo en climas secos, debido a que el aire caliente circulante hace perder humedad al paciente, resecando su piel y mucosas, lo que favorece las infecciones. Para proporcionar humedad en la incubadora, el flujo de aire se hace pasar por un contenedor de agua o por un humidificador. Las incubadoras más sofisticadas cuentan con un sistema de control específico para este parámetro, que, además de medir el nivel de humedad, retroalimenta al mecanismo de control.

Por otra parte, y dadas las patologías de los neonatos, frecuentemente es necesario enriquecer el ambiente con oxígeno adicional, el cual es suministrado desde un cilindro, tanque o toma mural de oxígeno, mediante una manguera y flujómetro conectados a la incubadora. Acorde a la complejidad tecnológica de la incubadora, se puede encontrar integrado un sistema de control y monitoreo del nivel de oxígeno, para asegurar la efectividad de la terapia en el paciente; de manera que si de fábrica el equipo no cuenta con este sistema de control, es necesario incorporar al menos un monitor externo que determine la concentración de oxígeno. Actualmente, los diferentes desarrollos tecnológicos basan su operación en un microprocesador que con algoritmos de control y medición controla todas las funciones de la incubadora.

Clasificación de las incubadoras neonatales.

Comercialmente, los tipos de incubadoras difieren en la manera y forma en que están construidas o en sus sistemas de control y calefacción. Sin embargo, todas incluyen de manera general los componentes siguientes:

- ***Cámara o capacete*** *de material transparente, dentro del cual se coloca al neonato y donde se genera un microclima controlado.*
- ***Gabinete.*** *Estructura que sirve de base y soporte para la cámara y sus sistemas de control. Usualmente, esta estructura se encuentra incorporada de tal manera que forma un solo cuerpo con todos los componentes que integran la incubadora y permite su movilización.*
- ***Módulo de control de temperatura****, en donde se puede seleccionar el modo de funcionamiento de la incubadora:*
- ***Modo de control del paciente o servocontrolado.***
- ***Humidificador****. Los diseños incluyen depósitos o reservorios de agua para controlar la humedad relativa del ambiente en la incubadora, ya sea manualmente o mediante un servocontrol.*
- ***Puerto o entrada para suministro de oxígeno****.*
- ***Bloque o control de alarmas.*** *Alarmas que son preestablecidas de fábrica o bien ajustables por el operador. Estas son audibles y visibles, y tienen como fin, incrementar la seguridad del paciente durante el tratamiento. Las alarmas que comúnmente se encuentran en los modelos de incubadoras son:*
- ***Temperatura de aire.*** *En relación con la temperatura fijada por el usuario; se puede activar la alarma por temperatura alta o baja del aire.*
- ***Temperatura de la piel.*** *En relación con la temperatura fijada por el usuario, se puede activar la alarma por temperatura alta o baja de la piel del paciente. Se activa en caso de falla del sensor de temperatura del paciente.*
- ***Filtros de entrada de aire.*** *Esta alarma se activa cuando existe resistencia en la entrada al flujo del aire exterior hacia el interior de la incubadora, el cual es succionado por un ventilador invertido.*

Las incubadoras se clasifican en los siguientes grupos:

Incubadoras estacionarias.

En este grupo se encuentran las incubadoras que se ubican en las áreas de urgencias, cuidados intensivos, cuidados intermedios y cuidados transitorios y eventualmente en áreas asignadas a cuidados fisiológicos.

Las incubadoras de traslado. Como su nombre lo indica, son equipos usados para transportar neonatos, ya sea dentro de la unidad médica o bien fuera de la unidad médica. Dicho transporte puede ser terrestre o aéreo. Por lo general, son más ligeras y pequeñas a fin de facilitar su movilidad y manejo para ingresar o salir de vehículos de emergencia, quirófanos, salas de rayos X, etc.

Estas incubadoras deben de

- *Operar con corriente alterna, corriente directa y/o con batería (120 VAC, 12 VDC, 24 VDC).*
- *Contar con los requerimientos necesarios para que la estructura sea capaz de poder ser transportada en aire y en tierra.*
- *Protección contra vibraciones y ruido externo.*
- *Contar con emisiones electromagnéticas limitadas para no interferir con medios de transporte aéreo.*

Incubadoras / Unidades de calor radiante.

Algunos equipos combinan las capacidades térmicas de una incubadora neonatal con las ventajas que brinda una unidad de calor radiante en cuanto al fácil acceso al paciente. Este tipo de unidades cuentan con control de temperatura, oxigenación y humedad del aire, así como de la temperatura de la piel del paciente, tanto en modo de incubadora neonatal como en modo de unidad de calor radiante. La conversión entre las configuraciones es automática, eliminando la necesidad de transferir a un paciente entre una incubadora y una unidad de calor radiante.

Cunas de calor radiante.

Descripción general.

Las cunas de calor radiante son unidades diseñadas para proporcionar calor radiante a los neonatos, con el fin de que puedan mantener una temperatura corporal de 36° a 37° C.

Los neonatos que son sometidos a este tratamiento son:

- Pacientes prematuros o pacientes de bajo peso que presentan problemas de termorregulación (incapacidad de compensar las variaciones de temperatura) y en consecuencia son incapaces de mantener un equilibrio térmico.
- *Neonatos que presenten alguna enfermedad crítica que requiera una intervención constante de parte del personal médico.*
- *Pacientes prematuros o pacientes de bajo peso que presentan problemas de termorregulación (incapacidad de compensar las variaciones de temperatura) y en consecuencia son incapaces de mantener un equilibrio térmico.*
- *Neonatos en tratamientos que tengan una exposición prolongada a ambientes fríos.*

La importancia de ayudar al neonato en la manutención del equilibrio térmico radica en proporcionar un "ambiente termo neutral" en el cual el consumo de oxígeno y su metabolismo se reduzcan al mínimo, de manera tal que las calorías y nutrientes que ingiera se dediquen a la maduración, desarrollo y crecimiento de su organismo.

Principios de operación

La energía calorífica puede ser transferida de tres maneras, conducción, convección o radiación. En este tipo de cuna, la transferencia de calor se lleva a cabo principalmente por radiación (ver figura 1), es decir, la fuente de energía calorífica se encuentra separada del receptor de calor y éste (el calor) viaja por el aire en forma de ondas electromagnéticas.

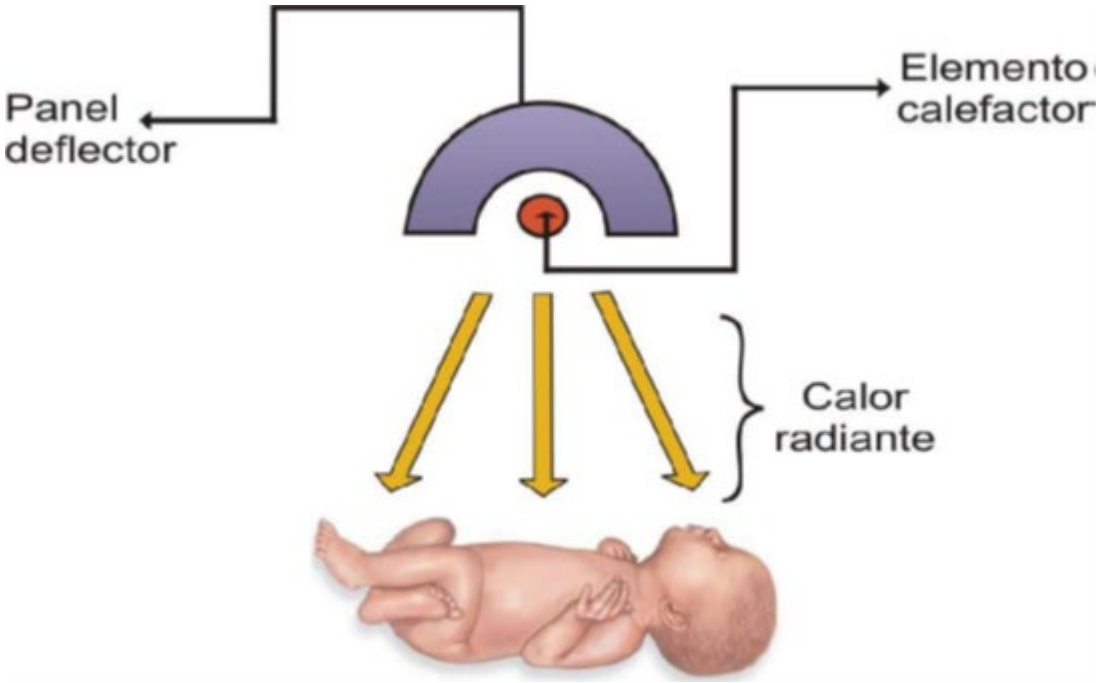

Figura 1.- Transmisión de calor por radiación en una cuna de calor radiante.

Las cunas de calor radiante normalmente están constituidas por 3 bloques (ver figura 2):

El primer bloque lo constituye la fuente de calor que puede ser de varios tipos:

- *Tubos de cuarzo.*
- *Cerámica, o de luz infrarroja.*
- *Difusores.*
- *Lámparas incandescentes.*

Un segundo bloque constituido por la unidad de control, que incluye:

- ***Alarmas audibles y visibles****, predeterminadas por fábrica o ajustables por el operador.*
- ***Control de calefactor manual***
- ***Control servocontrolado***

Un tercer bloque constituido por:

- ***Plataforma o base sobre la cual se encuentra el colchón.***
- ***Paredes transparentes que pueden o no ser abatibles.***
- ***Canaletas para sujeción de venoclisis.***
- ***Tubos de ventilación.***
- ***Sensores.***
- ***Transductores.***
- ***Portachasis para placas de rayos X.***

Adicionalmente, pueden incluir una lámpara para exploración clínica y una lámpara de fototerapia. Las cunas de calor radiante permiten una observación directa y un fácil acceso al neonato al mismo tiempo que se administra un calor constante, lo cual mantiene una estabilidad térmica del paciente. Por no ser un sistema cerrado, a diferencia de las incubadoras, no se utiliza la humidificación ambiental.

Figura 2. — Bloques que conforman una cuna de calor radiante.

Tipos de cunas de calor radiante

Las cunas de calor radiante, por el tipo de mecanismo de control de su funcionamiento, se pueden dividir en dos grupos.

Cunas de calor radiante con control manual

En este tipo de control, el parámetro que se controla es la temperatura máxima que debe proporcionar la fuente de calor, la cual es fijada por el operador. Este tipo de control requiere una revisión constante del paciente por parte de los operadores, ya que de no realizar una supervisión adecuada se presenta el riesgo de no mantener la temperatura deseada del paciente o bien tener una hipertermia, causándole quemaduras. A fin de disminuir este daño potencial, la mayor parte de los fabricantes ha incluido una alarma que recuerda al operador, en cierto intervalo de tiempo, que es necesario verificar la temperatura del paciente

Cuna de calor radiante con control automático o servo controlado, y con control manual.

En este tipo de control, el parámetro que se controla es la temperatura corporal del neonato. En este tipo de dispositivo, los elementos de calefacción se encienden y se apagan en respuesta a los cambios en la temperatura del bebé, las cuales se detectan por medio de un sensor colocado sobre la piel del paciente, y a través de él se retroalimenta al sistema para comparar con la temperatura de control que previamente fue seleccionada por el usuario. La intención final es mantener la temperatura corporal del neonato igual a la temperatura de control seleccionada.

Se encuentran dos tipos de control sobre la potencia de salida del calefactor, uno que enciende y apaga completamente la unidad de calefacción y la otra que controla el calor de forma gradual dependiendo de la variación de la temperatura de la piel, por lo que es de gran importancia la correcta colocación del sensor.

Sin embargo, estas unidades incluyen el modo de control manual, anteriormente referido, como una medida de seguridad, en caso de no poder operar la unidad en modo servo controlado o automático, principalmente por fallas en los sensores de temperatura corporales o bien falta de los mismos, de manera tal que se asegure el proporcionar un ambiente térmico regulado al paciente.

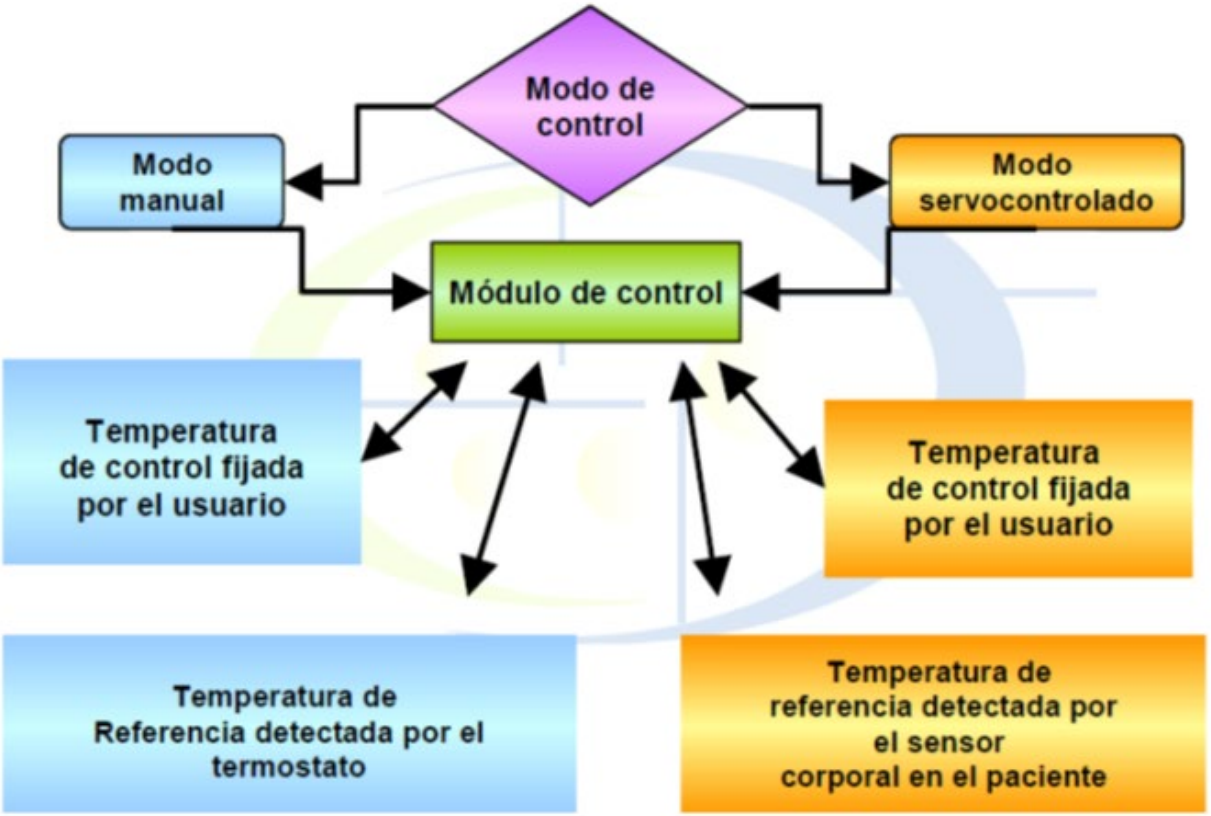

Figura 3. — Modos de control de temperatura en las cunas de calor radiante.

Efectos secundarios y riesgos

Los riesgos por efectos secundarios relacionados con la cuna de calor radiante son:

Hipertermia extrema: Podría dar como resultado quemaduras de la piel, un daño cerebral parcial, permanente etc., o incluso la muerte.

Daño a retina y córnea: La fuente de calor que genera energía radiante en la región alta de los infrarrojos superior a los 3 micrones puede causar daño a la retina y a la córnea, por lo que es necesario el uso de protección de los ojos del paciente para evitar daño por la luz. Deben de estar muy bien colocados y sujetados para evitar el deslizamiento hacia la nariz y causar obstrucción respiratoria.

Deshidratación: Derivada de la pérdida de líquidos por evaporación. En este caso, se sugiere incrementar el aporte de líquidos, pero siempre bajo una estricta supervisión médica. El manejo erróneo del balance de líquidos da como resultado una concentración alta o baja de la orina del neonato, por lo que es altamente recomendable el empleo de pañales extra absorbentes, de manera tal que las mediciones de cantidad de orina sean precisas.

Bibliografía:

- *Polin RA, Fox WW, Abman SH, et al. Medicina neonatal y perinatal de Fanaroff y Martin: enfermedades del feto y del lactante. 11. ed. Elsevier; 2019.*
- *Kliegman RM, Stanton BF, St. Geme JW, Schor NF, Behrman RE. Nelson Textbook of Pediatrics. 21. ed. Elsevier; 2020.*
- *OHare P, Alpay H, Guzmán J, et al. Uso de calentadores radiantes e incubadoras en neonatos: una revisión. Pediatr Crit Care Med. 2019;20(7):618-624. doi:10.1097/PCC.002019.*
- *Guillet R, Ponnatapuram A. Incubadoras y calentadores radiantes para el cuidado neonatal. En: DM Bhutani, editor. Neonatología: un enfoque práctico. Springer; 2019. Pág. 155-167.*
- *Dawson JA, Davis PG, Faber B. Manejo de la temperatura en la unidad de cuidados intensivos neonatales. Semin Fetal Neonatal Med. 2020;25(5):101166. doi: 10.1016/j.siny.2020.101166.*
- *Hegde A, Muthukumar R. Manejo de la incubadora en neonatos prematuros: una descripción general. J Neonatal Perinatal Med . 2020;13(2):145-154. doi:10.3233/NPM-198211.*
- *Reddy N, Shah P. Pérdida de calor en neonatos: estrategias de prevención y manejo. J Perinatol . 2019;39(5):709-716. doi:10.1038/s41372–019–0368–0.*
- *Jefferies AL, Coughlin M, Lee SK, et al. Protección térmica neonatal: una descripción general. Can J Pediatra. 2021;26(3):130-136. doi:10.1093/ped/pcab051.*

Xavier Pardell